

УДК 629.3

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки, сельскохозяйственные науки)

УЧЕТ В ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ЗАВИСИМОСТЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ВЯЗКОСТИ И КОЭФФИЦИЕНТА ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА ВСЛЕДСТВИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВОЛН СВЧ ДИАПАЗОНА

Сорокин Владислав Евгеньевич
аспирант
E-mail: vlad2010se@yandex.ru

Бачурин Алексей Николаевич
к.т.н., доцент
РИНЦ SPIN-код: 5370-9760
E-mail: bachurin62@mail.ru

Симдянкин Аркадий Анатольевич
д.т.н., профессор
РИНЦ SPIN-код: 8002-7513
E-mail: seun2006@mail.ru
Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г. Рязань, Россия

Целью исследования являлась модернизация теоретических зависимостей, описывающих путь, проходимый топливной струей от распылителя форсунки до границы между начальным и основным участками развития струи, время достижения топливной струей стенки камеры сгорания, средний диаметр капель и угол раскрытия топливной струи на основном участке с учетом изменения кинематической вязкости и коэффициента поверхностного натяжения дизельного топлива при воздействии на него волн СВЧ диапазона. Методология основана на введении в формулы, описывающие путь, проходимый топливной струей от распылителя форсунки до границы между начальным и основным участками развития струи, время достижения топливной струей стенки камеры сгорания, средний диаметр капель и угол раскрытия топливной струи на основном участке поправочных элементов, учитывающих изменения кинематической вязкости и коэффициента поверхностного натяжения. В результате получены уточненные зависимости, описывающие влияние обработки дизельного топлива волнами СВЧ диапазона на основные характеристики процесса впрыска топлива. Предлагаемые зависимости, основанные на учете изменения кинематической вязкости и коэффициента поверхностного натяжения топлива вследствие его обработки

UDC 629.3

4.3.1. Technologies, machinery and equipment for the agro-industrial complex (technical sciences, agricultural sciences)

ACCOUNTING FOR CHANGES IN KINEMATIC VISCOSITY AND SURFACE TENSION COEFFICIENT OF DIESEL FUEL DUE TO THE INFLUENCE OF MICROWAVE WAVES IN THEORETICAL DEPENDENCIES

Sorokin Vladislav Evgenievich
postgraduate student
E-mail: vlad2010se@yandex.ru

Bachurin Alexey Nikolaevich
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
RSCI SPIN code: 5370-9760
E-mail: bachurin62@mail.ru

Simdyankin Arkady Anatolyevich
Doctor of Technical Sciences, Professor
RSCI SPIN code: 8002-7513
E-mail: seun2006@mail.ru
Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

The purpose of the study was to modernize the theoretical dependencies describing the path traversed by the fuel jet from the nozzle to the boundary between the initial and main sections of the jet development, the time the fuel jet reaches the combustion chamber wall, the average droplet diameter and the expansion angle of the fuel jet in the main section, taking into account changes in kinematic viscosity and surface tension coefficient of diesel fuel when exposed to microwave waves. The methodology is based on the introduction into formulas describing the path traversed by the fuel jet from the nozzle to the boundary between the initial and main sections of the jet development, the time the fuel jet reaches the combustion chamber wall, the average droplet diameter and the expansion angle of the fuel jet in the main section of correction elements that take into account changes in the kinematic viscosity and surface tension coefficient. As a result, refined dependences were obtained describing the effect of processing diesel fuel with microwave waves on the main characteristics of the fuel injection process. The proposed equations, based on taking into account changes in the kinematic viscosity and surface tension coefficient of the fuel due to its treatment with microwave waves, make it possible to clarify the description of the fuel injection process in the combustion chamber of a diesel engine

волнами СВЧ диапазона, позволяют уточнить описание процесса впрыска топлива в камере сгорания дизельного двигателя

Ключевые слова: ДВИГАТЕЛЬ, ДИЗЕЛЬНОЕ ТОПЛИВО, СВЧ, КИНЕМАТИЧЕСКАЯ ВЯЗКОСТЬ, КОЭФФИЦИЕНТ ПОВЕРХОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ

Keywords: ENGINE, DIESEL FUEL, MICROWAVE, KINEMATIC VISCOSITY, SURFACE TENSION COEFFICIENT

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-196-011>

Введение

Плотность топлива ρ , кинематическая вязкость (связанная с ней через плотность динамическая вязкость), а также коэффициент поверхностного натяжения относятся к физико-механическим характеристикам топлива, которые во-многом определяют впрыск топлива на форсунках и последующее воспламенение топливовоздушной смеси в камере сгорания дизеля [5,6]. При контроле качества топлива, как правило, определяются только часть этих параметров [2,3]. Однако, вязкость и коэффициент поверхностного натяжения существенно влияют на процесс формирования и последующего разрушения капель топлива в камере сгорания как ухудшая, так и улучшая его протекание [8,10].

Для изменения вязкости и коэффициента поверхностного натяжения применяются различные способы воздействия, в частности использование СВЧ излучения [1,9]. Однако, влияние СВЧ излучения на основные характеристики дизельного топлива до конца не изучены, в том числе не установлены связи между температурой топлива и основными параметрами смесеобразования, а также временем с момента воздействия и до завершения внутренних процессов в топливе с основными параметрами смесеобразования.

Материалы и методы

Для формирования математических моделей, связывающих путь l_T , проходимый топливной струей от распылителя форсунки до границы между начальным и основным участками развития струи, время

<http://ej.kubagro.ru/2024/02/pdf/11.pdf>

τ_S достижения топливной струей стенки камеры сгорания, средний диаметр капель d_k и угол γ_T раскрытия топливной струи на основном участке с кинематической вязкостью ν коэффициентом поверхностного натяжения σ необходимо описать эти процессы соответствующими зависимостями [4].

Согласно результатам исследований, среднюю скорость за время впрыскивания цикловой порции топлива U_0 , критерий Вебера W_e , критерий M , характеризующий соотношение сил поверхностного натяжения и вязкости, и коэффициент B_S можно описать следующими формулами:

$$U_0 = \frac{V_{\text{ц}}}{\mu f_c i_c \rho_T \tau_{\text{впр}}}, \quad (1)$$

где $V_{\text{ц}}$ – цикловая порция топлива, м³; μf_c – площадь эффективного проходного сечения распыливающих отверстий форсунки, м²; i_c – количество распыливающих отверстий, шт.; ρ_T – плотность топлива, кг/м³; $\tau_{\text{впр}}$ – продолжительность впрыскивания порции топлива, с.

$$W_e = \frac{U_0^2 \rho_T d_c}{\sigma_T}, \quad (2)$$

где d_c – диаметр распыливающего отверстия форсунки тепловозного двигателя, м; σ_T – коэффициент поверхностного натяжения топлива, Н/м.

$$M = \frac{\mu_T^2}{d_c \rho_T \sigma_T}, \quad (3)$$

где μ_T – динамическая вязкость топлива, Па·с.

$$B_S = \frac{U_0 d_c W_e^{0,21} M^{0,16}}{\sqrt{2} D_S \rho_T}, \quad (4)$$

где $D_S = 4 \dots 5$ – коэффициент молекулярной диффузии.

Физико-механические характеристики топлива можно описать следующими зависимостями [5]:

$$I_T = A \rho_T^{-0,05} \sigma_T^{-0,65} \mu_T^{0,8}, \quad (5)$$

где A – интегральный коэффициент постоянных величин.

$$\tau_S = \sqrt{2} \cdot I_T^2 D_S \rho_T^{0.37} \sigma_T^{0.37} \mu_T^{-0.32}. \quad (6)$$

$$d_k = B \rho_T^{0.4587} \sigma_T^{0.1927} \mu_T^{0.1466}, \quad (7)$$

где B – интегральный коэффициент, включающий все неизменные величины для различных видов дизельного топлива.

$$\gamma_T = 2 \arctg(0,009 \cdot C \rho_T^{-0.75} \sigma_T^{-0.25} \mu_T^{-0.14}), \quad (8)$$

где C – обобщенный коэффициент постоянных величин.

Вышеприведенные формулы можно изменить, если использовать не динамическую, а кинематическую вязкость топлива ν_T , которая экспериментально определяется с помощью вискозиметров:

$$\mu_T = \nu_T \rho_T. \quad (9)$$

Тогда зависимости (5)-(8) могут быть преобразованы следующим образом:

$$I_T = A \rho_T^{0.75} \sigma_T^{-0.65} \nu_T^{0.8}. \quad (10)$$

$$\tau_S = \sqrt{2} \cdot I_T^2 D_S \rho_T^{1.17} \sigma_T^{0.37} \nu_T^{-0.32}. \quad (11)$$

$$d_k = B \rho_T^{0.6053} \sigma_T^{0.1927} \nu_T^{0.1466}. \quad (12)$$

$$\gamma_T = 2 \arctg(0,009 \cdot C \rho_T^{-0.89} \sigma_T^{-0.25} \nu_T^{-0.14}). \quad (13)$$

В эти зависимости, описывающие процесс распыления топлива, можно ввести в качестве поправочных коэффициентов регрессионные уравнения, полученные в ходе экспериментальных исследований, что позволит учесть в них изменение кинематической вязкости и коэффициента поверхностного натяжения как непосредственно во время обработки СВЧ волнами, так и в период после нее.

Результаты и обсуждение

В результате проведенных исследований были получены регрессионные уравнения [7], описывающие процессы изменения кинематической вязкости и коэффициента поверхностного натяжения от начальной температуры топлива в интервалах 5...74 °С и в процессе

остывания топлива после воздействия в течение от 2 ч до 24 ч с момента окончания воздействия.

Сведем уравнения, описывающие изменение кинематической вязкости от начальной температуры топлива (рис.1), в таблицу 1.

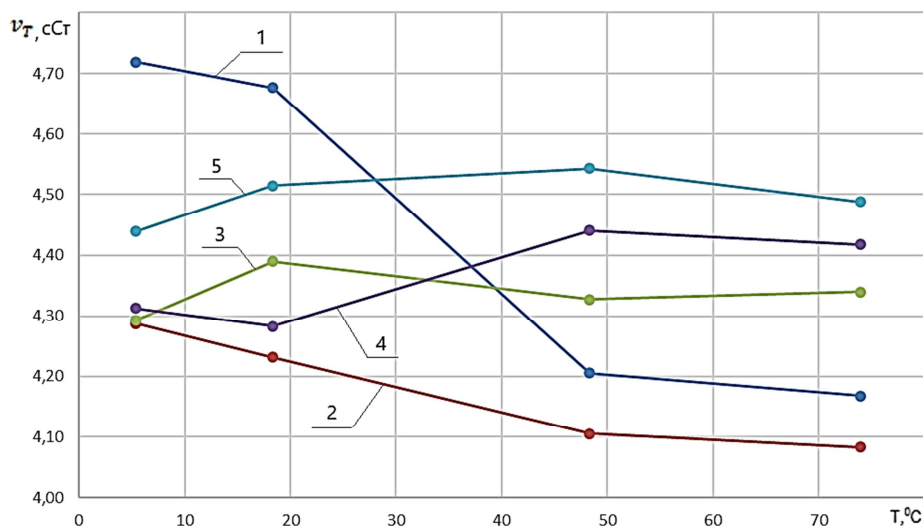


Рис.1. Графики изменения кинематической вязкости от начальной температуры топлива в течение 24 ч после его обработки волнами СВЧ диапазона: 1 – до обработки; 2 – сразу после обработки; 3 – через 0,5 ч; 4 – через 1 ч; 5 – через 24 часа

Таблица 1. Регрессионные уравнения, описывающие изменение кинематической вязкости от начальной температуры топлива

Время до и после обработки топлива волнами СВЧ диапазона (t, ч)	Зависимость кинематической вязкости (v _T , cSt) от начальной температуры топлива (T, °C)	Коэффициент парной корреляции (R)	Критерий Фишера		Средняя ошибка аппроксимации (A, %)
			F _{выч}	F _{табл} (α=0,05)	
Исходная (0)	$v_T = 0,0001T^2 - 0,0172T + 4,8621$	0,9371	14,41	7,71	1,5
0,025 (после 90 с обработки)	$v_T = 4 \cdot 10^{-5}T^2 - 6,6 \cdot 10^{-3}T + 4,3272$	0,9934	150,01		0,3
0,5	$v_T = 4 \cdot 10^{-6}T^3 - 0,0005T^2 + 0,0175T + 4,2133$	0,9999	9998,5		0,6
1	$v_T = -4 \cdot 10^{-6}T^3 + 0,0005T^2 - 0,0116T + 4,3616$	0,9999	9998,5		5,0
24	$v_T = -7 \cdot 10^{-5}T^2 + 0,0063T + 4,4128$	0,9679	29,66		12,5

Рассмотрим изменение кинематической вязкости от времени, прошедшего с момента обработки топлива волнам СВЧ диапазона, при

начальной температуре топлива, установленной в диапазоне 5...74 °С (рис.2). Опишем процессы изменения кинематической вязкости следующими уравнениями (табл.2).

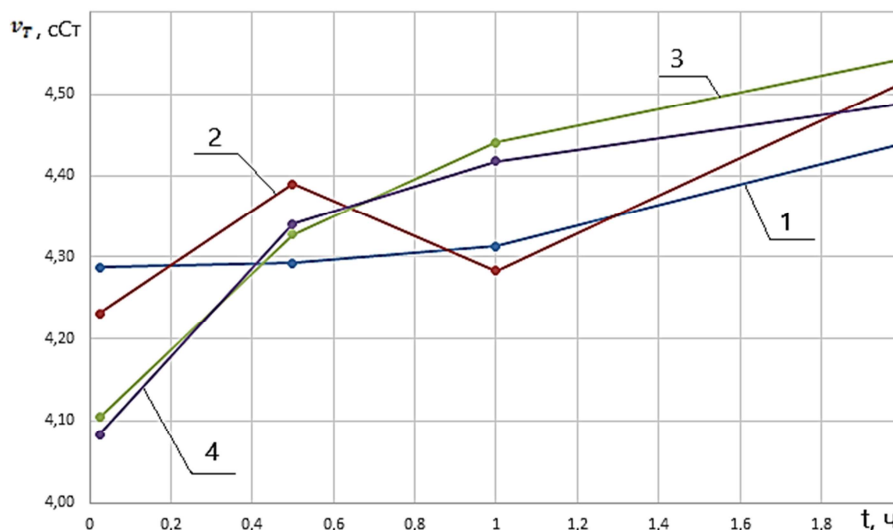


Рис.2. Графики изменения кинематической вязкости от времени, прошедшего с момента обработки топлива волнам СВЧ диапазона, при различных начальных температурах топлива: 1 – 5,33°С; 2 – 18,33°С; 3 – 48,33°С; 4 – 74°С

Таблица 2. Регрессионные уравнения, описывающие изменение кинематической вязкости от времени с момента обработки топлива

Начальная температура топлива (Т, °С)	Зависимость кинематической вязкости (v_T , сСт) от времени с момента обработки топлива (t, ч)	Коэффициент парной корреляции (R)	Критерий Фишера		Средняя ошибка аппроксимации (А,%)
			$F_{\text{выч}}$	$F_{\text{табл}}$ ($\alpha=0,05$)	
5,53	$v_T = 0,04881t^2 - 0,023t + 4,2892$	0,9990	998,5	7,71	0,1
18,33	$v_T = 0,0353t^2 + 0,0486t + 4,2657$	0,7027	1,95		неадекватно
48,33	$v_T = 0,0856t^3 - 0,3811t^2 + 0,647t + 4,0888$	0,9999	9998,5		0,1
74	$v_T = 0,1725t^3 - 0,6595t^2 + 0,8421t + 4,0623$	0,9999	9998,5		0,05

К сожалению, не удалось описать приемлемым уравнением регрессии изменение кинематической вязкости от времени для температуры 18,33 °С, вблизи которой достаточно длительный период времени эксплуатируются двигатели сельхозтехники. Вероятно, процессы,

протекающие в топливе при его обработке при такой начальной температуре, имеют более сложную структуру, а, следовательно, подчиняются более сложным зависимостям и требуют отдельного исследования.

Проведем аналогичные действия с коэффициентом поверхностного натяжения, используя экспериментально полученные данные (рис.3, табл.3).

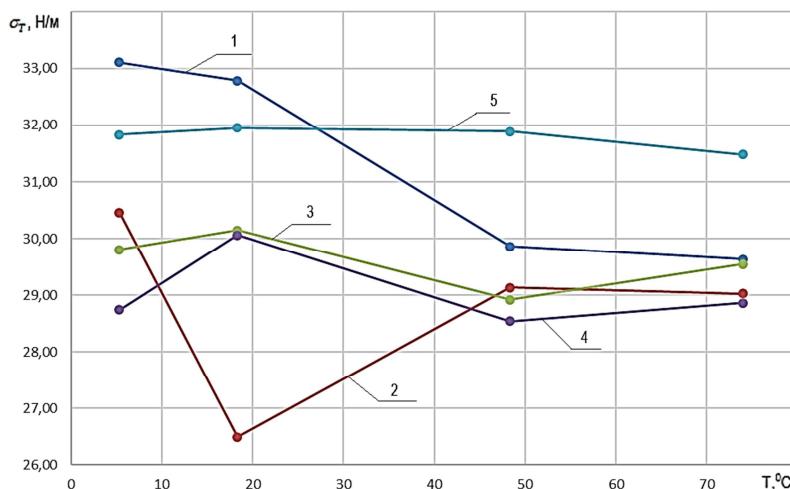


Рис.3. Графики изменения коэффициента поверхностного натяжения от начальной температуры топлива в течение 24 ч после его обработки волнами СВЧ диапазона: 1 – до обработки; 2 – сразу после обработки; 3 – через 0,5 ч; 4 – через 1 ч; 5 – через 2 часа

Таблица 3. Регрессионные уравнения, описывающие изменение коэффициента поверхностного натяжения от начальной температуры топлива

Время до и после обработки топлива волнами СВЧ диапазона (t, ч)	Зависимость кинематической вязкости (σ_T , Н/м) от начальной температуры топлива (Т, °С)	Коэффициент парной корреляции (R)	Критерий Фишера		Средняя ошибка аппроксимации (А,%)
			F _{выч}	F _{табл} (α=0,05)	
Исходная (0)	$\sigma_T = 0,00007T^2 - 0,1101T + 34,004$	0,9417	15,67	7,71	5,8
0,025 (после 90 с обработки)	$\sigma_T = -0,0002T^3 + 0,0205T^2 - 0,7183T + 33,731$	0,9999	9998,5		31,1
0,5	$\sigma_T = 4 \cdot 10^{-5}T^3 - 0,0044T^2 + 0,1131T + 29,321$	0,9999	9998,5		0,5
1	$\sigma_T = 7 \cdot 10^{-5}T^3 - 0,0084T^2 + 0,2695T + 27,534$	0,9999	9998,5		1,8
2	$\sigma_T = -0,0003T^2 + 0,0147T + 31,764$	0,9999	9998,5		0,5

Измерения непосредственно после обработки топлива СВЧ излучением показали, что регрессионное уравнение, хотя и описывает процесс, однако, имеет слишком высокую погрешность представления экспериментальных данных. Вероятно, это связано с различной инерционностью происходящих в топливе процессов воздействия СВЧ излучения на молекулы, находящиеся в различном температурном диапазоне.

Рассмотрим изменения коэффициента поверхностного натяжения от времени, прошедшего с момента обработки топлива волнам СВЧ диапазона, при различных начальных температурах (рис.4), и сведем регрессионные уравнения в таблицу (табл.4).

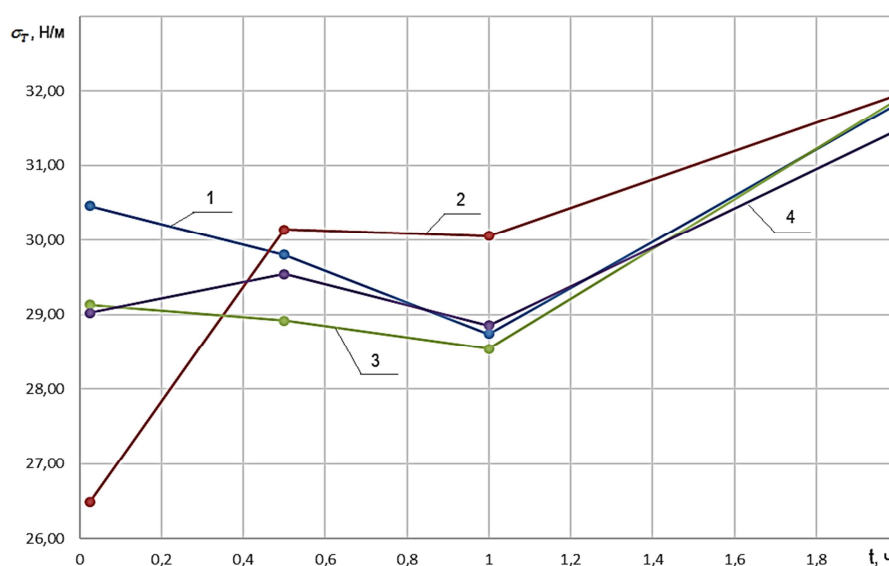


Рис.4. Графики изменения коэффициента поверхностного натяжения от времени, прошедшего с момента обработки топлива волнам СВЧ диапазона, при различных начальных температурах топлива: 1 – 5,33⁰С; 2 – 18,33⁰С; 3 – 48,33⁰С; 4 – 74⁰С

Таблица 4. Регрессионные уравнения, описывающие изменение коэффициента поверхностного натяжения от времени с момента обработки топлива

Начальная температура топлива (Т, °С)	Зависимость кинематической вязкости (σ_T , Н/м) от времени с момента обработки топлива (t, ч)	Коэффициент парной корреляции (R)	Критерий Фишера		Средняя ошибка аппроксимации (А,%)
			F _{выч}	F _{табл} ($\alpha=0,05$)	
5,53	$\sigma_T = 2,1868t^2 - 3,8492t + 30,732$	0,9316	13,14	7,71	1,0
18,33	$\sigma_T = 30,711t^{0.0402}$	0,9635	25,91		1,4
48,33	$\sigma_T = 1,8092t^2 - 2,3517t + 29,317$	0,9745	29,62		0,7
74	$\sigma_T = 1,0781t^2 - 1,0816t + 29,267$	0,8811	6,94		неадекватно

При высокой начальной температуре вклад от нагревания топлива оказывает существенное влияние на коэффициент поверхностного натяжения, следовательно, необходимо искать решение в виде многокритериального уравнения регрессии.

Введем регрессионные зависимости для кинематической вязкости ν_T (табл.1) и коэффициента поверхностного натяжения σ_T (табл.3) в уравнения (10)-(13) для пути l_T , проходимого топливной струей от распылителя форсунки до границы между начальным и основным участками развития струи, времени τ_S достижения топливной струей стенки камеры сгорания, среднего диаметра капель d_k и угла γ_T раскрытия топливной струи на основном участке в зависимости от начальной температуры топлива Т.

С точки зрения практики интерес представляют зависимости, связывающие параметры до воздействия, непосредственно после обработки СВЧ волнами и спустя некоторое время, по истечению которого вызванные воздействием процессы в топливе в основном завершаются.

Опишем уравнения до воздействия СВЧ излучения:

$$I_T = A\rho_T^{0,75} (0,00007T^2 - 0,1101T + 34,004)^{-0,65} (0,0001T^2 - 0,0172T + 4,8621)^{0,8} = A\rho_T^{0,75} \frac{(0,0001T^2 - 0,0172T + 4,8621)^{0,8}}{(0,00007T^2 - 0,1101T + 34,004)^{0,65}}; \quad (14)$$

$$\tau_S = \sqrt{2} \cdot I_T^2 D_S \rho_T^{1,17} \frac{(0,00007T^2 - 0,1101T + 34,004)^{0,37}}{(0,0001T^2 - 0,0172T + 4,8621)^{0,32}}; \quad (15)$$

$$d_k = B\rho_T^{0,6053} (0,00007T^2 - 0,1101T + 34,004)^{0,1927} (0,0001T^2 - 0,0172T + 4,8621)^{0,1466}; \quad (16)$$

$$\gamma_T = 2\arctg(0,009C\rho_T^{-0,89} (0,00007T^2 - 0,1101T + 34,004)^{-0,25} (0,0001T^2 - 0,0172T + 4,8621)^{-0,14}). \quad (17)$$

Далее введем полученные регрессионные уравнения непосредственно после СВЧ воздействия в имеющиеся теоретические зависимости:

$$I_T = A\rho_T^{0,75} \frac{(0,00004T^2 - 0,0066T + 4,3272)^{0,8}}{(-0,0002T^3 + 0,0205T^2 - 0,7183T + 33,731)^{0,65}}; \quad (18)$$

$$\tau_S = \sqrt{2} \cdot I_T^2 D_S \rho_T^{1,17} \frac{(-0,0002T^3 + 0,0205T^2 - 0,7183T + 33,731)^{0,37}}{(0,00004T^2 - 0,0066T + 4,3272)^{0,32}} = \sqrt{2} A^2 D_S \rho_T^{2,67} \frac{(0,00004T^2 - 0,0066T + 4,3272)^{1,28}}{(-0,0002T^3 + 0,0205T^2 - 0,7183T + 33,731)^{0,93}}; \quad (19)$$

$$d_k = B\rho_T^{0,6053} (-0,0002T^3 + 0,0205T^2 - 0,7183T + 33,731)^{0,1927} (0,00004T^2 - 0,0066T + 4,3272)^{0,1466}; \quad (20)$$

$$\gamma_T = 2\arctg(0,009C\rho_T^{-0,89} (-0,0002T^3 + 0,0205T^2 - 0,7183T + 33,731)^{-0,25} (0,00004T^2 - 0,0066T + 4,3272)^{-0,14}). \quad (21)$$

Как показали измерения, основные процессы завершаются в течение от 2 ч до 24 ч с момента прекращения СВЧ воздействия. С учетом этого получим следующие зависимости:

$$I_T = A\rho_T^{0,75} \frac{(-0,00007T^2 + 0,0063T + 4,4128)^{0,8}}{(-0,0003T^2 + 0,0147T + 31,764)^{0,65}}; \quad (22)$$

$$\tau_S = \sqrt{2} A^2 D_S \rho_T^{2,67} \frac{(-0,0003T^2 + 0,0147T + 31,764)^{1,28}}{(-0,00007T^2 + 0,0063T + 4,4128)^{0,93}}; \quad (23)$$

$$d_k = B\rho_T^{0,6053}(-0,0003T^2 + 0,0147T + 31,764)^{0,1927}(-0,00007T^2 + 0,0063T + 4,4128)^{0,1466}; \quad (24)$$

$$\gamma_T = 2\arctg(0,009C\rho_T^{-0,89}(-0,0003T^2 + 0,0147T + 31,764)^{-0,25}(-0,00007T^2 + 0,0063T + 4,4128)^{-0,14}). \quad (25)$$

Таким образом, получены зависимости, связывающие характеристики, описывающие распыление топлива в камере сгорания, с начальной температурой необработанного топлива, топлива непосредственно после обработки СВЧ волнами и после завершения в нем процессов взаимного перемещения слоев и межмолекулярного перемешивания.

Введем регрессионные зависимости для кинематической вязкости ν_T (табл.2) и коэффициента поверхностного натяжения σ_T (табл.4) в уравнения (10)-(13) для параметров I_T , τ_S , d_k и γ_T в зависимости от времени, прошедшего с момента воздействия волн СВЧ диапазона на топливо, при исходной температуре в диапазоне 5...74 °С.

Уточним уравнения для I_T , τ_S , d_k и γ_T для значений температур, которые адекватно описываются регрессионными уравнениями, в частности:

- для температуры 5,33 °С

$$I_T = A\rho_T^{0,75} \frac{(0,0488t^2 - 0,023t + 4,2892)^{0,8}}{(2,1868t^2 - 3,8492t + 30,732)^{0,65}}; \quad (26)$$

$$\tau_S = \sqrt{2}A^2 D_S \rho_T^{2,67} \frac{(2,1868t^2 - 3,8492t + 30,732)^{1,28}}{(0,0488t^2 - 0,023t + 4,2892)^{0,93}}; \quad (27)$$

$$d_k = B\rho_T^{0,6053}(2,1868t^2 - 3,8492t + 30,732)^{0,1927}(0,0488t^2 - 0,023t + 4,2892)^{0,1466}; \quad (28)$$

$$\gamma_T = 2\arctg(0,009C\rho_T^{-0,89}(2,1868t^2 - 3,8492t + 30,732)^{-0,25}(0,0488t^2 - 0,023t + 4,2892)^{-0,14}). \quad (29)$$

- для температуры 48,33 °С

$$I_T = A\rho_T^{0,75} \frac{(0,0856t^3 - 0,3811t^2 + 0,647t + 4,0888)^{0,8}}{(1,8092t^2 - 2,3517t + 29,317)^{0,65}}; \quad (30)$$

$$\tau_S = \sqrt{2}A^2D_S\rho_T^{2,67} \frac{(1,8092t^2 - 2,3517t + 29,317)^{1,28}}{(0,0856t^3 - 0,3811t^2 + 0,647t + 4,0888)^{0,93}}; \quad (31)$$

$$d_k = B\rho_T^{0,6053}(1,8092t^2 - 2,3517t + 29,317)^{0,1927}(0,0856t^3 - 0,3811t^2 + 0,647t + 4,0888)^{0,1466}; \quad (32)$$

$$\gamma_T =$$

$$2\arctg(0,009C\rho_T^{-0,89}(1,8092t^2 - 2,3517t + 29,317)^{-0,25}(0,0856t^3 - 0,3811t^2 + 0,647t + 4,0888)^{-0,14}). \quad (33)$$

Таким образом, получены зависимости для двух температур, позволяющие оценить изменение характеристик, описывающих распыление топлива в камере сгорания, от времени, прошедшего с момента обработки топлива волнами СВЧ диапазона до момента завершения основных процессов, вызванных этим воздействием.

Заключение

Полученные регрессионные уравнения позволяют проследить связь пути I_T , проходимого топливной струей от распылителя форсунки до границы между начальным и основным участками развития струи, времени τ_S достижения топливной струей стенки камеры сгорания, среднего диаметра капель d_k и угла γ_T раскрытия топливной струи на основном участке с исходной температурой топлива и временем, прошедшим с момента обработки до завершения в нем процессов перемешивания на молекулярном и межмолекулярном уровнях.

К сожалению, не все уравнения описывают температурные и временные процессы адекватно (проверка проведена по критерию Фишера), что связано с наличием более сложной зависимости кинематической вязкости и коэффициента поверхностного натяжения топлива от температуры и времени воздействия. Так как, СВЧ излучение вызывает изменения на молекулярном уровне топлива в этих диапазонах, что оказывает существенное влияние на оцениваемые параметры.

Библиографический список

1. Анисимов, И. А., Горбунова, А. Д. Использование СВЧ-излучения для поддержания оптимальной температуры технологической жидкости в автомобиле/ Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета. – 2019. – № 4 (66). С. 314-318
2. ГОСТ 305-2013. Межгосударственный стандарт. Топливо дизельное. Технические условия. – 10 с.
3. ГОСТ Р52709–2019. Топлива дизельные. Определение цетанового числа. – 30 с.
4. Лышевский, А. С. Процессы распыливания топлива дизельными форсунками / А. С. Лышевский. – М.: Машгиз, 1963. – 180 с
5. Милютина, Л.В. Моделирование процессов влияния физико-химических показателей метиловых эфиров рапсового масла на характеристики впрыскивания и распыливания топлива / Л. В. Милютина, А. В. Чулков, П. Г. Петров // Известия Транссиба / Омский гос. ун-т путей сообщения. – Омск. – 2017. – № 2 (30). – С. 25 – 33
6. Павлюк, А.С., Фролкин, А.С. Способ смесеобразования и воспламенения рабочей смеси двигателя внутреннего сгорания. Ползуновский вестник № 3/1 2012. С187-190
7. Сизова Т.М. Статистика: учебное пособие. – СПб.: СПб НИУ ИТМО, 2013. – 176 с.
8. Хайдаров Г. Г., Хайдаров А. Г., Машек А. Ч., Майоров Е. Е. Влияние температуры на поверхностное натяжения // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 4 (Физика, химия). 2012. Выпуск 1. с.24-28
9. Шибков, В.М. Воспламенение с помощью поверхностного СВЧ-разряда жидких углеводородов в условиях высокоскоростных воздушных потоков / В.М. Шибков, Л.В. Шибкова, А.А. Карачев, Р.С. Константиновский. Теплофизика высоких температур, 2010, № 1 (дополнительный), с. 23–34
10. Krause, P., Klyus, O. Application of surface tension parameter for estimation of fuel atomization process in Diesel engines / Scientific Journals. Maritime University of Szczecin. 2013, 36(108) z. 2 pp. 98–101

REFERENCES

1. Anisimov, I. A., Gorbunova, A. D. Ispol'zovanie SVCh-izluchenija dlja podderzhanija optimal'noj temperatury tehnologicheskoy zhidkosti v avtomobile/ Uchenye zapiski Krymskogo inzhenerno-pedagogicheskogo universiteta. – 2019. – № 4 (66). S. 314-318
2. GOST 305-2013. Mezhgosudarstvennyj standart. Topливо dizel'noe. Tehnicheskie uslovija. – 10 s.
3. GOST R52709–2019. Topliva dizel'nye. Opredelenie cetanovogo chisla. – 30 s.
4. Lyshevskij, A. S. Processy raspylivaniya topliva dizel'nymi forsunkami / A. S. Lyshevskij. – М.: Mashgiz, 1963. – 180 s
5. Miljutina, L.V. Modelirovanie processov vlijaniya fiziko-himicheskikh pokazatelej metilovyh jefirov rapsovogo masla na harakteristiki vpryskivaniya i raspylivaniya topliva / L. V. Miljutina, A. V. Chulkov, P. G. Petrov // Izvestija Transsiba / Omskij gos. un-t putej soobshhenija. – Omsk. – 2017. – № 2 (30). – S. 25 – 33
6. Pavljuk, A.S., Frolkin, A.S. Sposob smeseobrazovaniya i vosplameneniya rabochej smesi dvigatelja vnutrennego sgoraniya. Polzunovskij vestnik № 3/1 2012. S187-190
7. Sizova T.M. Statistika: uchebnoe posobie. – SPAb.: SPb NIU ITMO, 2013. – 176 s.

8. Hajdarov G. G., Hajdarov A. G., Mashek A. Ch., Majorov E. E. Vlijanie temperatury na poverhnostnoe natjazhenija // Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Serija 4 (Fizika, himija). 2012. Vypusk 1. s.24-28

9. Shibkov, V.M. Vosplamnenie s pomoshh'ju poverhnostnogo SVCh-razrjada zhidkih uglevodorodov v uslovijah vysokoskorostnyh vozdušnyh potokov / V.M. Shibkov, L.V. Shibkova, A.A. Karachev, R.S. Konstantinovskij. Teplofizika vysokih temperatur, 2010, № 1 (dopolnitel'nyj), s. 23–34

10. Krause, P., Klyus, O. Application of surface tension parameter for estimation of fuel atomization process in Diesel engines / Scientific Journals. Maritime University of Szczecin. 2013, 36(108) z. 2 pp. 98–101